

PARADOXO DO PARANÁ UMA NOVA ABORDAGEM - MODELO ED2

Angela Livino^{1} & John Briscoe² & Paul Moorcroft³ & Eunjee Lee³*

Resumo – É de conhecimento geral que há um incremento nas vazões do rio Paraná após a década de 1970. Muitos estudos foram feitos na tentativa de explicar se o aumento das vazões era consequência da mudança no padrão de chuvas ou no uso do solo, ou efeito combinado dos dois. Este artigo apresenta uma análise deste fenômeno a partir de uma nova abordagem qual seja a utilização do modelo ED2, que é um modelo de biosfera terrestre integrado que incorpora hidrologia, biofísica da superfície terrestre, dinâmica da vegetação e carbono do solo e a biogeoquímica de nitrogênio. A motivação deste estudo foi a de analisar a capacidade do modelo ED2 de representar a dinâmica da mudança de uso do solo na região da bacia do Paraná e ao mesmo tempo aumentar a credibilidade para a utilização deste modelo em estudos prospectivos de cenários futuros de mudanças de uso do solo e interação com a mudança do clima. Os resultados apresentados mostram que o modelo é capaz de capturar o incremento de vazão e consegue perceber que a mudança no uso do solo é a variável que mais influencia nesta mudança.

Palavras-Chave – Vazões no Paraná, modelo ED2.

PARANÁ PARADOX - A NEW APPROACH - ED2 MODEL

Abstract – It is common knowledge that there is an increase in the flow of the Paraná River after 1970. Many studies have attempted to explain the increase in flow was a consequence of the change in rainfall patterns or land use, or combined effect. This article presents an analysis of this phenomenon from a new approach which is to use the model ED2, which is an integrated terrestrial biosphere model that incorporates hydrological, biophysical land surface, vegetation dynamics and soil carbon and nitrogen biogeochemistry. The motivation of this study was to examine the ability of the ED2 model to represent the dynamics of change of land use in the region of the Paraná basin and at the same time increase the credibility of using this model in prospective future scenarios of changes land use and interaction with climate change. The results show that the model is able to capture the increased flow and to realize that the change in land use is the variable that most influenced this change.

Keywords – Paraná flow, ED2 model.

¹Kennedy School of Government, Harvard University e Programa de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro Email: angela_livino@hks.harvard.edu

²School of Engineering and Applied Sciences, Harvard University. Email: jbriscoe@seas.harvard.edu

³Department of Organismic and Evolutionary Biology, Harvard University. Emails: paul_moorcroft@harvard.edu and eunjee_lee@hks.harvard.edu

1 INTRODUÇÃO

Usualmente os tomadores de decisão e formadores de políticas públicas têm dificuldades em aplicar diretamente os resultados obtidos nos estudos investigativos de mudanças no clima, visto que muitas vezes estes apresentam incoerências e não atendem às suas necessidades (Brown, 2012). Normalmente os estudos são feitos de forma unilateral (geração de cenários futuros de alteração do clima), apresentando resultados abrangentes sem avaliação de impactos em variáveis específicas. Este trabalho pretende contribuir para o diálogo entre os pesquisadores e os tomadores de decisão.

Uma das formas de aprimorar a utilização dos estudos desenvolvidos na academia é estimular a participação dos potenciais usuários desde o início do processo, ou seja, fazendo com que as respostas apresentadas pelos estudos correspondam às necessidades práticas.

Diversos estudos vêm sendo feitos com modelos climáticos regionais para tentar auxiliar nas decisões e políticas de proteção à Amazônia e também para dar suporte ao planejamento da expansão energética, visto que o Brasil possui um forte dependência da energia hidroelétrica e há previsão de expansão deste recurso na região amazônica. Porém, considerando a dinâmica do clima e a interdependência entre a evapotranspiração da região amazônica e a precipitação naquela região e em outras bacias hidrográficas brasileiras, há que se buscar avaliar de forma conjunta a mudança do clima e do uso do solo de forma a entender melhor os possíveis impactos destes fenômenos no regime de vazões dos rios brasileiros.

Estudos de cenários futuros de clima, considerando a alteração no padrão de chuva e de temperatura são importantes para aprimorar a tomada de decisão no uso dos recursos hídricos. Porém, um melhor entendimento entre a interação entre a mudança do clima e a alteração do uso do solo e o ciclo hidrológico é ainda mais útil, visto que há grande impacto entre a cobertura vegetal e o equilíbrio hidrológico. Especialmente em regiões onde a cobertura florestal é densa, a evapotranspiração pode responder por grande parte da precipitação (exemplo da Floresta Amazônica). A ação do homem sobre o solo pode produzir alterações substanciais nos processos hidrológicos terrestres, como: redução ou aumento das vazões médias, máximas e mínimas de uma bacia hidrográfica, e alteração da qualidade da água, Tucci (2007).

Também vale ressaltar que o comportamento da evapotranspiração na América do Sul tem um papel muito mais abrangente do que a escala do ciclo hidrológico local de cada bacia. Estudos recentes indicam que há uma grande interdependência entre a chuva nas regiões sul e sudeste do Brasil e a evapotranspiração da região Amazônica. A Figura 1 apresentada por (Van der Ent, 2010) ilustra este fenômeno.

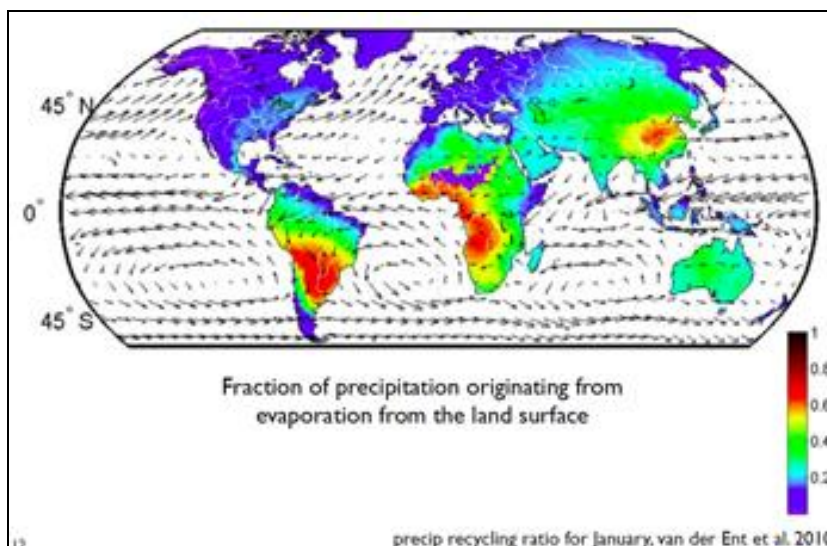


Figura 1 – Fração da precipitação originada por evapotranspiração no mês de janeiro

De forma a trazer credibilidade e testar a metodologia proposta neste estudo, resolveu-se fazer uma aplicação teste na bacia do rio Paraná, visto que diversos estudos apontam uma mudança no comportamento das vazões desta bacia após a década de 1970. Mudança no uso do solo e mudanças de precipitação são dois fatores em consideração, no entanto, "a contribuição relativa de cada componente ainda não é conhecida" (Tucci, 1998). A Figura 2 ilustra este fenômeno.

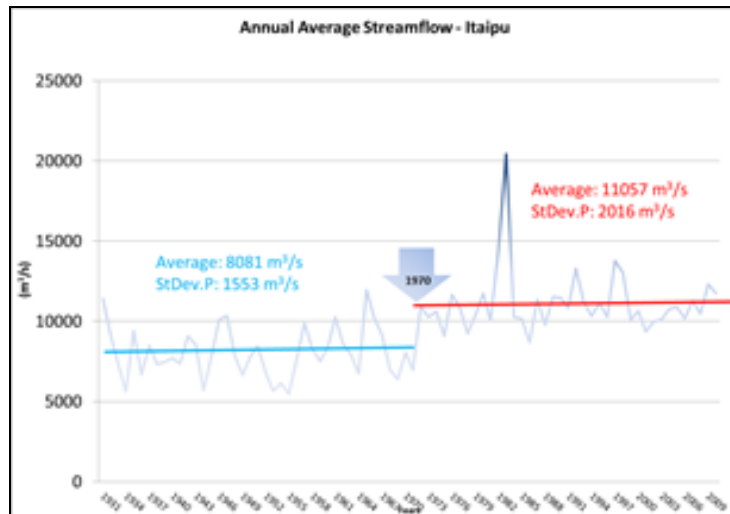


Figura 2 – Vazões naturais médias mensais afluentes à Itaipu (1931 a 2010)

Este artigo apresenta uma análise deste fenômeno a partir de uma nova abordagem qual seja a utilização do modelo ED2 (*Ecosystem Demography* - versão 2), que é um modelo de biosfera terrestre integrado que incorpora hidrologia, biofísica da superfície terrestre, dinâmica da vegetação e carbono do solo e a biogeoquímica de nitrogênio. A motivação deste estudo foi a de analisar a capacidade do modelo ED2 de representar a dinâmica da mudança de uso do solo na região da bacia do Paraná e ao mesmo tempo aumentar a credibilidade para a utilização deste modelo em estudos prospectivos de cenários futuros de mudanças de uso do solo e interação com a mudança do clima.

2 METODOLOGIA

Considerando a intenção de validar a capacidade da modelagem em representar o efeito da mudança no padrão de vazões na bacia do Paraná, escolheu-se uma região representativa do fenômeno ilustrada na Figura 3 e modelou-se esta região nos modelos de clima e uso do solo.

Como a intenção era validar a capacidade de representar o incremento de vazões no passado, rodou-se o modelo ED2 com uma meteorologia prescrita (Sheffield, 2006) a fim de simular a mudança na vegetação e variáveis hidrológicas, como a evaporação do solo e transpiração das plantas. Para representar a mudança no uso do solo foram adotados dois cenários chamados CLU1970 e CLU2008 (*Current Land Use*). Os mapas são baseados no uso da terra elaborados por (Hurtt, 2006), que são reconstruídos através de dois conjuntos de dados de uso da terra: HYDE e SAGE (Goldewijk, 2001 e Ramankutty, 1999) e mapas agrícolas contemporâneos baseados em dados de satélite e dados históricos de inventários de terras cultiváveis.

Foram escolhidas duas décadas como representativas do período analisado, 1970-1979 e 2001-2010. Desta forma, a tabela 1 resume os cenários simulados, sendo os cenários A e B, fictícios e os Casos 1 e 2 reais.



Figura 3 – Bacia do Paraná (reduzida).

Fonte: ONS, Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais na Bacia do Paraná.

Tabela 1 – Estrutura de Rodadas

Uso do Solo\Precipitação	Sheffield (1969-1978)	Sheffield (1999-2008)
CLU 1970	Caso 1	Cenário A
CLU 2008	Cenário B	Caso 2

O modelo ED2 é um modelo de biosfera terrestre integrado incorporando hidrologia, biofísica da superfície terrestre, a dinâmica da vegetação e carbono do solo e biogeoquímica de nitrogênio (Medvigy et al., 2009). Dentre as diversas variáveis que podem ser avaliadas nas saídas do modelo ED2, foi escolhido o runoff para comparação com as vazões naturais médias mensais afluentes à usina de Itaipu.

3 RESULTADOS

A Figura 4 ilustra o paradoxo observado para este período escolhido. Ao comparar-se a vazão média anual nas décadas de 1970-79 e 2001-10, percebe-se que há um aumento nas vazões de aproximadamente 10% enquanto que a precipitação reduziu aproximadamente 7% no mesmo período.

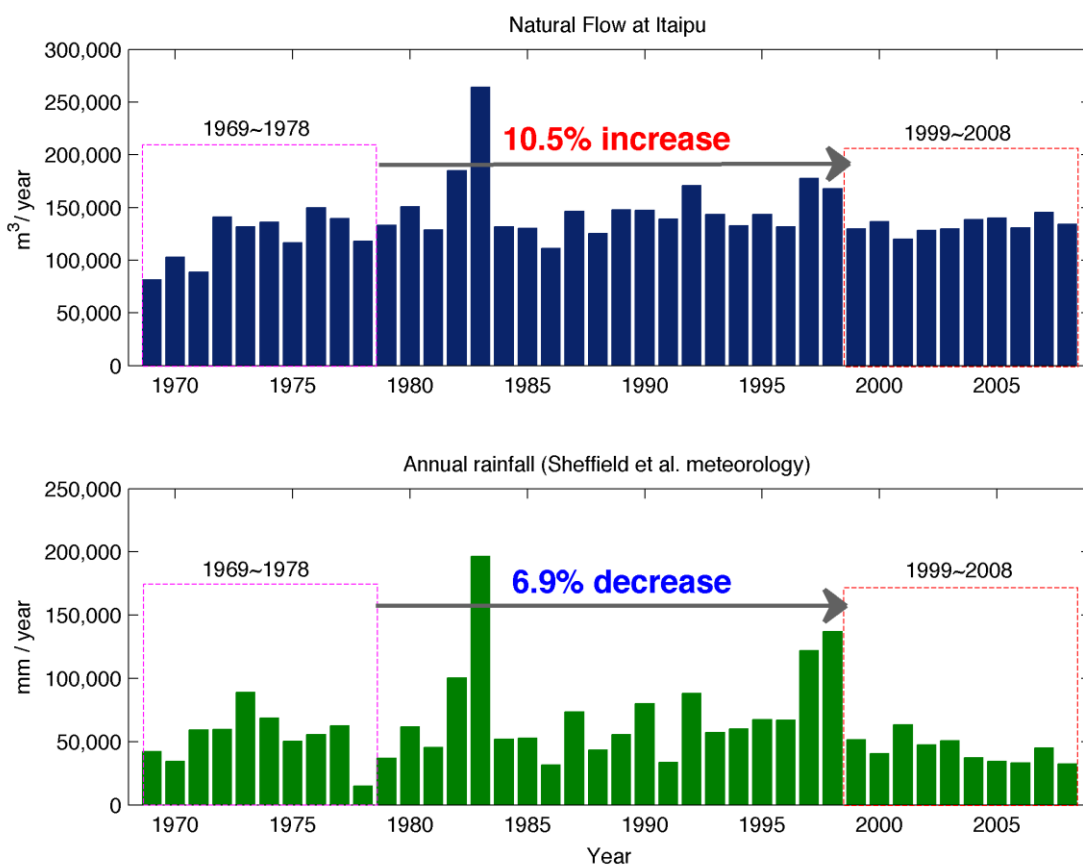


Figura 4 – Comparação entre as vazões naturais médias anuais em Itaipu e a precipitação média anual na região do Paraná

A Figura 5 apresenta um resumo das simulações feitas e a Tabela 2 resume os resultados:

Tabela 2 – Resumo de Resultados

Uso do Solo\Precipitação	Sheffield (1969-1978)	Sheffield (1999-2008)
CLU 1970	Caso 1	Cenário A
CLU 2008	Cenário B	Caso 2

Δ Caso2 - Caso1	+8,5%
Δ Cenário B - Caso1	+24,4%
Δ Caso2 - Cenário B	-11,3%

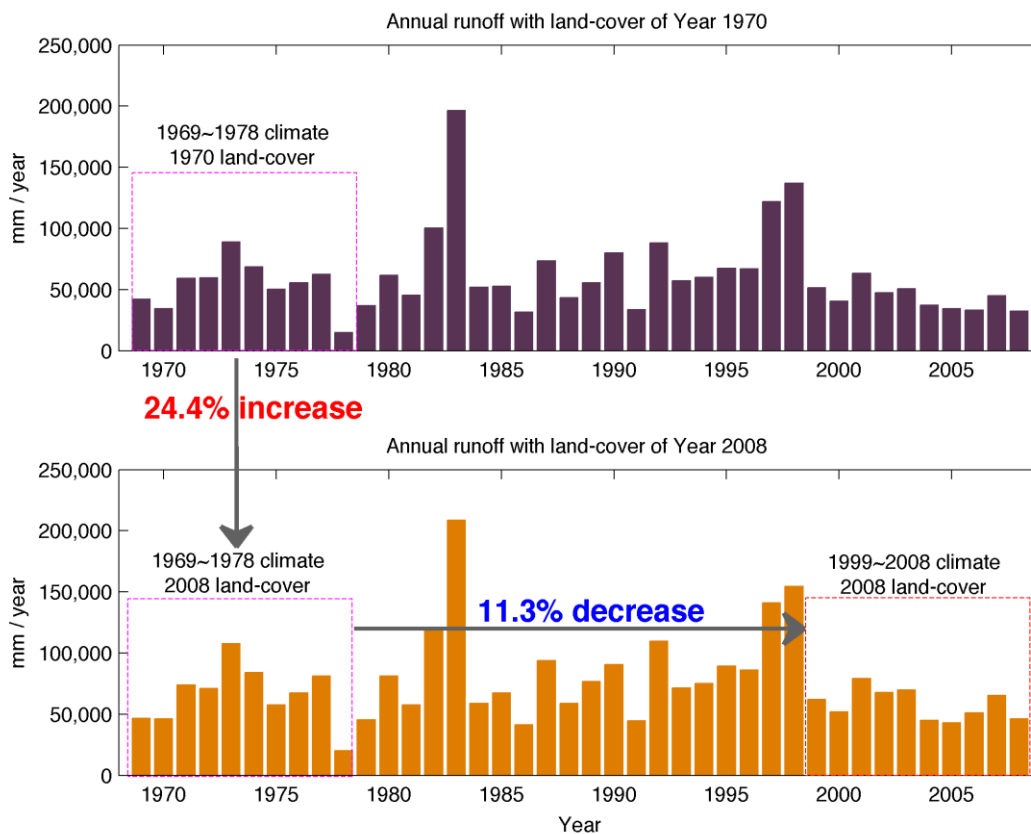


Figura 5– Resumo das simulações feitas

Percebe-se que a modelagem conseguiu reproduzir o incremento de vazões verificado em as duas décadas (real incremento: 10,5% e modelado: 8,5%). Adicionalmente, a avaliação do efeito isolado do uso do solo mostra que o efeito da mudança é significativo (para o mesmo padrão de chuvas da década de 1970-79 haveria um incremento de 24,4% nas vazões caso o uso do solo fosse alterado. Já o efeito da mudança do padrão de chuvas (analisado de forma isolada, ou seja, mantendo o mesmo cenário de uso do solo) mostra que haveria uma redução de 11,3% nas vazões. Ou seja, o efeito combinado da precipitação e da mudança de uso do solo resultam no incremento de vazões, porém o peso da mudança do uso do solo é tão forte que anula o fato da precipitação ter sido menor e é predominante na explicação do fenômeno apresentado.

4 CONCLUSÕES

O exercício apresentado neste artigo contribuiu para a credibilidade da modelagem apresentada, visto que o modelo ED2 submetido à condições climáticas pré-definidas soube reproduzir o fenômeno de incremento das vazões na bacia do Paraná e permitiu a observação de

que o fator mudança no uso do solo é predominante na explicação do paradoxo (redução de precipitação e aumento de vazão).

Percebeu-se que a modelagem conseguiu reproduzir o incremento de vazões verificado em as duas décadas (real incremento: 10,5% e modelado: 8,5%). Adicionalmente, a avaliação do efeito isolado do uso do solo mostra que o efeito da mudança é significativo (para o mesmo padrão de chuvas da década de 1970-79 haveria um incremento de 24,4% nas vazões caso o uso do solo fosse alterado. Já o efeito da mudança do padrão de chuvas (analisado de forma isolada, ou seja, mantendo o mesmo cenário de uso do solo) mostra que haveria uma redução de 11,3% nas vazões. Ou seja, o efeito combinado da precipitação e da mudança de uso do solo resultam no incremento de vazões, porém o peso da mudança do uso do solo é tão forte que anula o fato da precipitação ter sido menos e é predominante na explicação do fenômeno apresentado.

Os próximos passos desta pesquisa são no sentido de analisar cenários futuros de uso do solo e interação com a mudança no clima para as próximas décadas de forma a fornecer subsídios à tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos, especialmente para o setor energético brasileiro que tem a hidroeletricidade como base da sua geração.

5 REFERÊNCIAS

Brown, C., Y. Ghile, M. Laverty, and K. Li (2012), Decision scaling: Linking bottom-up vulnerability analysis with climate projections in the water sector, *Water Resources. Res.*, 48, W09537, doi:10.1029/2011WR011212.

Goldewijk, K. K. (2001). Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. *Global Biogeochemical Cycles* 15, 417

Hurt, G. C. et al. (2006) The underpinnings of land-use history: three centuries of global gridded land-use transitions, wood-harvest activity, and resulting secondary lands. *Global Change Biology* 12, 1208–1229

Medvigy D, Wofsy SC, Munger JW, Hollinger DY, Moorcroft PR (2009) Mechanistic scaling of ecosystem function and dynamics in space and time: Ecosystem Demography model version 2. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 114, G01002.

ONS e Consórcio SIMEPAR/RHE, 2005. *Estudos de Consistência e Reconstituição de Séries de Vazões Naturais na Bacia do Paraná: Relatório Final*. Circulação restrita.

Ramankutty, N. & Foley, J. A. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles* 13, 997

Sheffield, J., Goteti, G. & Wood, E. F. (2006). Development of a 50-Year High-Resolution Global Dataset of Meteorological Forcings for Land Surface Modeling. *Journal of Climate* 19, 3088–3111

Tucci, C. E. M. & Clarke, R. T. Environmental Issues in the la Plata Basin. *International Journal of Water Resources Development* 14, 157–173 (1998)

Tucci, C. E. M. (2007), Mudanças Climáticas e Impactos Sobre os Recursos Hídricos no Brasil, *Ciência & Ambiente* 34, pp. 137 – 156

Van der Ent, R. J., Savenije, H. H. G., Schaefli, B., and Steele-Dunne, S. C. (2010) Origin and fate of atmospheric moisture over continents, *Water Resour. Res.*, 46, W09525, [doi:10.1029/2010WR009127](https://doi.org/10.1029/2010WR009127).